Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir





Research Short Article
Vol. 37, No. 2, Summer 2023, p. 159-164



Some Nutritional Indices of the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on Grain of Various Wheat Genotypes

B. Naseri[1*], S. Noruzinia[2], S.A.A Fathi[3]- H. Rafiee-Dastjerdi[4]

Received: 13-02-2023 Revised: 30-07-2023 Accepted: 31-07-2023 Available Online: 01-08-2023	**How to cite this article:** Naseri, B., Noruzinia, S., Fathi, S.A.A., & Rafiee-Dastjerdi, H. (2023). Some nutritional indices of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on grain of various wheat genotypes. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *37*(2), 159-164. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81101.1130

Introduction

Trogoderma granarium (Everts) is an economic insect pest of stored grains in Iran and many tropical and subtropical regions. If stored products contaminated with this insect are consumed by humans, it would cause serious digestive diseases. To control *T. granarium* in storage, chemical insecticides and fumigants are often used, but due to their extreme toxicity to humans and other dangerous side-effects, their application has been limited. Therefore, in order to develop alternative control methods with minimal harmful effects to humans and other non-target organisms, there is a need to understand feeding performances of the pest on different cultivars. The use of insect-resistant plants is one of the effective methods in integrated pest management programs. Study of nutritional indices of stored product insects is one of the important methods of measuring the resistance in plant cultivars.

Materials and Methods

Nutritional indices of *T. granarium* larvae were investigated using the gravimetric method provided by Wadbauer (1968). The grains of wheat genotypes including N-91-9, Heidari, Aftab, Tirgan, N-92-19, Gaskojen and Kouhdasht were crushed using a grinder. Then, first instar larvae were reared on the grains of these genotypes under 33 ± 1°C, 65 ± 5% R.H., and 14:10 (L:D) h. After emergence of fifth instar, the weight of larvae, before and after feeding, and the amount of grain eaten by the larvae were measured. The data were analyzed using one-way ANOVA using SPSS ver.16. Then, Tukey's HSD test, with a probability level of 5%, was used to investigate the statistical differences among the means.

Results and Discussion

There were significant differences in the nutritional indices of *T. granarium* fifth instar larvae on grain of different wheat genotypes. The larvae raised on line N-91-9 had the lowest weight of food consumption (24.33 ± 3.38 mg/10 larvae) compared to other genotypes tested. Larvae fed with line N-91-9 (5.33 ± 0.33 mg/10 larvae) and cultivars Aftab (3.00 ± 0.57 mg/10 larvae) and Heidari (3.00 ± 0.57 mg/10 larvae) showed lower weight gain than those fed with other genotypes. The highest efficiency of conversion of ingested food (*ECI*) was on cultivars Gascojen (36.56 ± 1.46 %) and Tirgan (33.42 ± 0.60 %), and the lowest was observed on cultivars Aftab (7.32 ± 1.51 %) and Heidari (7.86 ± 1.38 %). The highest relative consumption rate (*RCR*) was found on cultivar Gascojen (1.08 ± 0.05 mg/mg/day) and line N-92-19 (0.95 ± 0.02 mg/mg/day), and the lowest was seen on line N-91-9 (0.16 ± 0.03 mg/mg/day), and cultivars Heidari (0.19 ± 0.02 mg/mg/day) and Aftab (0.24 ± 0.02

1, 2, 3 and 4- Professor, M.Sc. in Agricultural Entomology and Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: bnaseri@uma.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2023.81101.1130

mg/mg/day). As compared with the other examined genotypes, the relative growth rate (*RGR*) was the highest on cultivar Gascojen (0.394 ± 0.022 mg/mg/day). Larvae feeding from cultivar Gascojen (5.61 ± 0.17 mg/day) had the highest growth rate (*GR*), and larvae feeding from line N-91-9 (0.76 ± 0.04 mg/day) and cultivars Heidari (0.42 ± 0.08 mg/day) and Aftab (0.42 ± 0.08 mg/day) had the lowest *GR* value. The change in the nutritional indices of *T. granarium* larvae can be due to the differences in physical and chemical characteristics of the grains of tested wheat genotypes. The *ECI* index represents the ability of an insect to use eaten food to increase its body size and weight. In other words, the increase in *ECI* value on cultivars Gaskojen and Tirgan indicates the high ability of fifth instar larvae to convert the eaten grain into body biomass. This finding may be due to the high protein content and low grain hardness of these cultivars. The decrease in the amount of food eaten and body weight in larvae fed with cultivar Heidari and line N-91-9 may be due to the high grain hardness of these genotypes.

Conclusion

Our results showed that line N-91-9 and cultivars Heidari and Aftab had lower nutritional value than the other tested genotypes for *T. granarium* larvae, because the amount of food eaten, larval weight gain and nutritional indices of larvae fed with these genotypes were lower than other genotypes tested. So, these genotypes can be used in genetic engineering programs to minimize the damage of *T. granarium*. The presence of defensive chemical compounds, grain hardness or the lack of essential nutrients for the development of the pest may be the reason why some of the tested genotypes are unsuitable for *T. granarium* feeding.

Keywords*:* Khapra beetle, Larval weight, Nutritional performance, Wheat cultivar

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله کوتاه پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص. ۱۶۴-۱۵۹

برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) روی دانه‌ی ژنوتیپ‌های مختلف گندم

بهرام ناصری[1*]- سویل نوروزی نیا[2]-سیدعلی اصغر فتحی[3]-هوشنگ رفیعی دستجردی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹

چکیده

لمبه‌ی گندم *Trogoderma granarium* (Everts) یکی از آفات مهم غلات انباری در ایران و بسیاری از نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان می‌باشد. مطالعه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات و اثرات متقابل بین گیاه- گیاهخوار، یکی از روش‌های مهم اندازه‌گیری مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام گیاهی است. در این تحقیق، شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی دانه‌ی هفت ژنوتیپ گندم (ارقام حیدری، آفتاب، تیرگان، گاسکوژن و کوهدشت و لاین‌های N-91-9 و N-92-19) در شرایط کنترل شده بررسی شد. بدین منظور، وزن لاروهای سن پنجم قبل و بعد از تغذیه محاسبه شد، سپس مقدار دانه‌های خورده شده توسط لاروها از طریق محاسبه‌ی اختلاف وزن دانه‌های داده شده به لارو و وزن دانه‌های باقی‌مانده در انتهای آزمایش تعیین شد. لاروهای پرورش‌یافته روی لاین N-91-9 کمترین وزن غذای خورده شده را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. لاروهای تغذیه‌شده با رقم گاسکوژن بیشترین افزایش وزن و لاروهای تغذیه‌شده با لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب کمترین افزایش وزن را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. بیشترین میزان بازدهی تبدیل غذای خورده شده روی ارقام تیرگان و گاسکوژن و کمترین مقدار آن روی ارقام آفتاب و حیدری مشاهده شد. بیشترین مقدار نرخ مصرف نسبی روی رقم گاسکوژن و لاین N-92-19 و کمترین آن روی لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب ثبت شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده‌ی مقاومت بالاتر لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب در برابر تغذیه‌ی *T. granarium* می‌باشد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در تولید محصولات تراریخته در برنامه‌های مهندسی ژنتیک برای به حداقل رساندن خسارت این آفت کلیدی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: رقم گندم، لمبه‌ی گندم، کارایی تغذیه‌ای، وزن لارو

مقدمه

لمبه‌ی گندم *Trogoderma granarium* (Everts) یکی از آفات کلیدی غلات در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان می‌باشد (Burges, 2008). تغذیه‌ی لاروهای آفت سبب کاهش وزن دانه و کیفیت غذایی محصولات انباری می‌شود (Jood and Kapoor, 1993). برای کنترل آفات انباری اغلب از حشره‌کش‌های شیمیایی تدخینی استفاده می‌شود ولی به دلیل سمیت فوق‌العاده‌ی آنها روی انسان، مقاوم شدن آفات انباری و سایر عوارض خطرناک، مصرف آن‌ها با محدودیت‌های شدیدی روبرو است (Finkelman *et al.*, 2006). بنابراین برای توسعه‌ی روش‌های کنترلی جایگزین با حداقل آسیب به انسان و سایر موجودات غیرهدف، نیاز به درک جنبه‌های زیستی و تغذیه‌ای آفت روی ارقام مختلف می‌باشد. یکی از روش‌های مهم اندازه‌گیری مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام گیاهی، تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات و مطالعه‌ی اثرات متقابل بین گیاه- گیاهخوار است (Scriber and Slansky, 1981).

در تحقیق سیفی و همکاران (Seifi *et al.*, 2015)، شاخص‌های تغذیه‌ای لارو لمبه‌ی گندم روی ۹ رقم جو و یک رقم گندم بررسی شد. نتایج بیانگر این بود که لاروهای پرورش‌یافته روی رقم بهمن جو

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی و استادان گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: bnaseri@uma.ac.ir
DOI: 10.22067/jpp.2023.81101.1130

کم‌ترین بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) را نسبت به سایر ارقام داشتند. در مطالعه‌ی دیگری، شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم روی ده رقم گندم بررسی و کم‌ترین شاخص ECI روی رقم کوهدشت گزارش شد (Golizadeh and Abedi, 2016). تأثیر ۱۰ رقم جو روی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2017) بررسی و Line22 به عنوان لاین مقاوم به آفت معرفی شد. شاخص‌های تغذیه‌ای لارو سن پنجم لمبه‌ی گندم روی شش رقم برنج بررسی و کم‌ترین و بیش‌ترین بازدهی تبدیل غذای خورده شده به ترتیب روی رقم‌های خزر و گیلانه گزارش شد (Barzin *et al.*, 2019). هدف از انجام این پژوهش، بررسی برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم لمبه‌ی گندم روی ۷ ژنوتیپ مختلف گندم بود تا با شناسایی ژنوتیپ های واجد مقاومت نسبی بالاتر بتوان در برنامه‌های مدیریتی آفت از آنها به‌عنوان منابعی از مقاومت به *T. granarium* استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

دانه‌ی ژنوتیپ‌های مختلف گندم شامل لاین‌های N-91-9 و N-92-19 و ارقام حیدری، آفتاب، تیرگان، گاسکوژن و کوهدشت که سطح زیر کشت بالایی در ایران دارند از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مغان (استان اردبیل) تهیه شدند. جهت انجام آزمایش، دانه‌های مورد نظر با استفاده از دستگاه آسیاب‌کن خرد شدند. کلنی اولیه‌ی لمبه‌ی گندم از آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. سپس این حشرات به ظروف پلاستیکی گرد (قطر ۱۲ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر) حاوی ژنوتیپ های گندم مورد آزمایش منتقل و در اتاقک پرورش با دمای ۱±۳۳ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. برای تخم گیری، حشرات کامل نر ماده به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری که هر یک حاوی ژنوتیپ‌های مختلف گندم بودند منتقل شدند.

برای محاسبه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم (بر حسب وزن خشک)، ۳۰ عدد لارو سن اول حشره به طور مجزا روی دانه‌ی هر یک از ژنوتیپ‌های گندم (۲ گرم از هر ژنوتیپ) در سه گروه ۱۰ عددی داخل ظروف پتری ۶ سانتی‌متری پرورش داده شدند. شاخص های تغذیه‌ای از زمان ظهور لاروهای سن پنجم به علت تغذیه و خسارت بالای این سن محاسبه شدند. وزن لاروهای سن پنجم قبل و بعد از تغذیه محاسبه شد، سپس مقدار دانه‌های خورده شده توسط لاروها از طریق محاسبه اختلاف وزن دانه‌های داده شده به لارو و وزن دانه‌های باقی‌مانده در انتهای آزمایش (پس از ۷ روز تغذیه) تعیین شد. شاخص‌های تغذیه‌ای حشره با استفاده از فرمول‌های Waldbauer (1968) محاسبه شدند:

بازدهی تبدیل غذای خورده شده Efficiency of conversion of ingested food (*ECI*)

$$ECI = \frac{P}{E}$$

نرخ مصرف نسبی Relative consumption rate (*RCR*)

$$RCR = \frac{E}{A \times T}$$

نرخ رشد نسبی Relative growth rate (*RGR*)

$$RGR = \frac{P}{A \times T}$$

نرخ رشد Growthrate (*GR*)

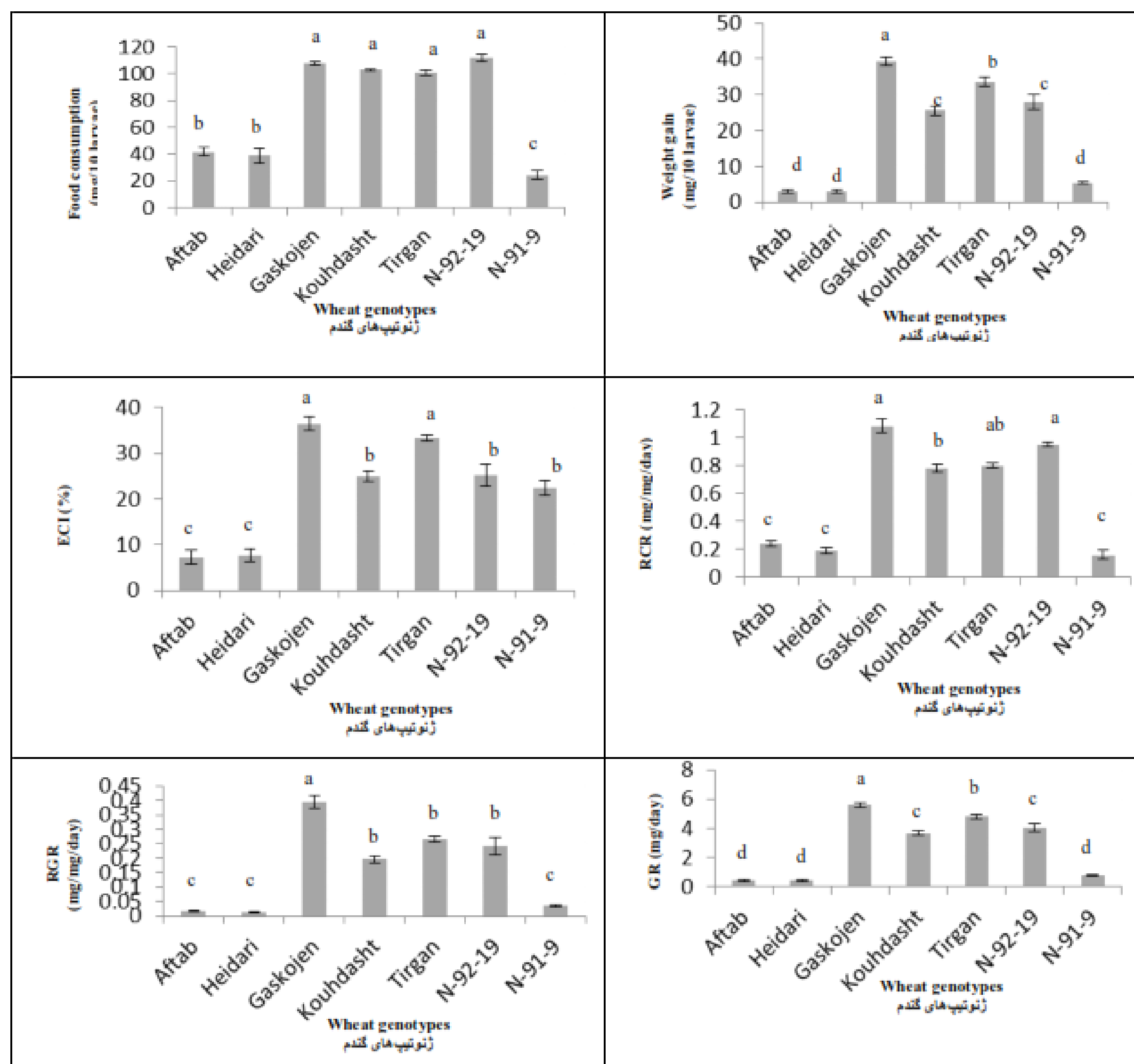
$$GR = \frac{P}{T}$$

در فرمول‌های بالا E وزن غذای خورده شده (میلی‌گرم)، P افزایش وزن لاروها طی ۷ روز (میلی‌گرم)، A میانگین وزن اولیه لاروها (میلی‌گرم) و T تعداد روزهای تغذیه می‌باشد.

جهت اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، ازآزمون Kolmogorove-Smirnov استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون، تمامی داده‌ها توزیع نرمال داشتند. تجزیه‌ی آماری داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) در نرم‌افزار آماری SPSS ver.16 انجام شد. برای مقایسه‌ی اختلاف آماری بین میانگین‌ها، از آزمون توکی با سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). لاروهای پرورش‌یافته روی N-91-9 کمترین وزن غذای خورده شده را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (F=169.88; df= 6,14; P <0.001). همچنین لاروهای تغذیه‌شده با گاسکوژن بیشترین افزایش وزن و لاروهای تغذیه‌شده با N-91-9، حیدری و آفتاب کمترین افزایش وزن را داشتند (F=185.56; df= 6,14; P < 0.001). بیشترین میزان بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) روی تیرگان و گاسکوژن و کمترین مقدار آن روی آفتاب و حیدری مشاهده شد (F= 54.005; df= 6,14; P < 0.001). بیشترین مقدار نرخ مصرف نسبی (RCR) روی گاسکوژن و N-92-19 و کمترین آن روی N-91-9، حیدری و آفتاب مشاهده شد (F=130.83; df= 6,14; P < 0.001). همچنین نرخ رشد نسبی (RGR) حشره روی گاسکوژن بیشترین مقدار را داشت (F=84.8; df=6,14; P < 0.001). لاروهای تغذیه‌کننده از گاسکوژن بیشترین نرخ رشد (GR) و لاروهای تغذیه‌کننده از N-91-9، حیدری و آفتاب کمترین نرخ رشد را داشتند (F= 185.56; df= 6,14; P < 0.001).



شکل ۱- میانگین (±خطای معیار) شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *Trogodemra granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم

برای هر شاخص، حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (آزمون توکی، P <۰/۰۵). ECI: بازدهی تبدیل غذای خورده شده، RCR: نرخ مصرف نسبی، RGR: نرخ رشد نسبی، GR: نرخ رشد

Figure 1- Mean (±SE) nutritional indices of *Trogoderma granarium* fifth instar larvae on different wheat genotypes

Mean values followed by different letters for each index are significantly different (Tukey's HSD test, P < 0.05). ECI: Efficiency of conversion of ingested food; RCR: Relative consumption rate; RGR: Relative growth rate; GR: Growth rate.

تغییر در شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم می‌توانند به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت ژنوتیپ‌های مورد آزمایش باشد. بیشترین افزایش وزن لاروها روی رقم گاسکوژن احتمالا به دلیل تفاوت در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این رقم در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه می‌باشد. پایین بودن وزن غذای خورده شده و وزن بدن در لاروهای تغذیه شده روی ارقام آفتاب و حیدری و لاین N-91-9 نیز ممکن است به خاطر سختی بالای دانه‌ی حیدری و N-91-9 و احتمال وجود مهارکننده‌های آنزیمی در رقم آفتاب باشد. در آزمایش حاضر، محدوده‌ی وزن غذای خورده شده توسط لارو لمبه

گندم بیشتر از مقدار گزارش شده توسط سیفی و همکاران (Seifi *et al.*, 2016) روی ارقام مختلف جو می‌باشد. این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در نوع میزبان مورد آزمایش باشد. افزایش مقدار *ECI* حشره روی ارقام گاسکوژن و تیرگان نشان‌دهنده‌ی توانایی بالای حشره برای تبدیل غذای خورده شده به زیست‌توده‌ی بدن روی این ارقام است. این یافته ممکن است به دلیل محتوی بالای پروتئین و سختی پایین دانه باشد. در مقابل، در لاروهایی که افزایش وزن کمتری داشتند مقدار *ECI* آن‌ها نیز کاهش یافت. در مطالعه‌ی حاضر، نتایج حاصل از *ECI* مربوط به لاروهای سن پنجم تغذیه شده روی رقم‌های مختلف گندم، بیشتر از *ECI* گزارش شده توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2017) روی ارقام مختلف جو است که این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع میزبان گیاهی و سن لاروی آزمایش‌شده باشد. بیشتر بودن *ECI* لمبه گندم در آزمایش حاضر نسبت به *ECI* گزارش شده توسط پژوهشگران ذکر شده در بالا، احتمالا به دلیل مطلوبیت بیشتر گندم در مقایسه با جو برای تغذیه‌ی لمبه‌ی گندم می‌باشد. براساس نتایج پژوهش حاضر، لاین N-91-9 و رقم حیدری از ارزش غذایی کمتری برای لاروهای *T. granarium* برخوردار بودند، بنابراین شاخص‌های *RCR* و *RGR* لاروها روی این ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. برعکس، گاسکوژن و کوهدشت دارای کیفیت مناسب‌تری برای تغذیه‌ی لاروها بوده و درنتیجه، شاخص‌های تغذیه‌ای حشره روی این ارقام افزایش پیدا کرد. نتایج حاصل از *RGR* مربوط به لاروهای سن پنجم لمبه‌ی گندم روی لاین N-91-9 (۰/۰۳۰ میلی‌گرم بر میلی‌گرم بر روز) نزدیک به مقدار *RGR* گزارش شده توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2016) روی گندم رقم سایسونز (۰/۰۳۱ میلی‌گرم بر میلی‌گرم بر روز) بود که نشان می‌دهد این دو رقم از کیفیت تغذیه‌ای مشابهی برای لمبه‌ی گندم برخوردار هستند.

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای لارو لمبه گندم روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان دهنده‌ی نامناسب بودن لاین N-91-9 و ارقام آفتاب و حیدری نسبت به سایر رقم‌های مورد آزمایش بود زیرا میزان غذای خورده شده، وزن لارو و شاخص‌های تغذیه‌ای در لاروهای تغذیه شده با این ژنوتیپ‌ها کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. وجود ترکیبات شیمیایی دفاعی، سختی دانه و عدم حضور برخی عناصر غذایی ضروری برای نشوونمای آفت ممکن است دلیل نامناسب بودن بعضی از ژنوتیپ‌های مورد آزمایش برای *T. granarium* باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مغان به خاطر تامین دانه‌ی ارقام گندم و از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر تأمین هزینه‌های اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1- Barzin, Sh., Naseri, B., Fathi, S.A.A., Razmjou, J., & Aeinehchi, P. (2019). Feeding efficiency and digestive physiology of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on different rice cultivars. *Journal of Stored Products Research*, *84*, 101511. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101511

2- Burges, H.D. (2008). Development of the khapra beetle, *Trogoderma granarium*, in the lower part of its temperature range. *Journal of Stored Products Research*, *44*, 32-35. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2005.12.003

3- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., & Dias, R. (2006). Effect of low pressure on the survival of *Trogoderma granarium* Everts, *Lasioderma serricorne* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) at 30°C. *Journal of Stored Products Research*, *42*, 23–30. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.09.001

4- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2016). Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. *Journal of Stored Products Research*, *69*, 159-165. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.08.003

5- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2017). Feeding performance and life table parameters of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various barley cultivars. *Bulletin of Entomological Research*, *14*, 1-10. https://doi.org/10.1017/S0007485317000207

6- Jood, S., & Kapoor, A.C. (1993). Protein and uric acid contents of cereal grains as affected by insect infestation. *Food Chemistry*, *46*, 143-146. https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90027-D

7- Scriber, J.M., & Slansky, F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, *26*, 183-211.

8- Seifi, S., Naseri, B., & Razmjou, J. (2015). Nutritional physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) fed on various barley cultivars. *Journal of Economic Entomology*, *109*, 472-477. https://doi.org/10.1093/jee/tov331

9- Waldbauer, G.P. (1968). The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, *5*, 229-288.